

Inibição do escurecimento enzimático de quiabo minimamente processado¹

Inhibition of enzymatic browning in minimally processed okra

Moema Mayra Santos de Jesus², Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi^{3,*}, Suanne França Santos²,
Narendra Narain⁴ e Alessandra Almeida Castro⁵

Resumo - O quiabo é uma hortaliça bastante apreciada devido ao seu valor nutricional, característica gomosa e a versatilidade culinária. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do ácido ascórbico (AA), ácido cítrico (AC) e ácido etileno diamino tetracético (EDTA) na prevenção do escurecimento de quiabo minimamente processado. Foram utilizados cinco tratamentos: AA 1%, AC 1%, EDTA 0,5%, AA 1% + AC 1% e controle sem uso de antioxidante. O processamento mínimo constituiu-se nas etapas de seleção da matéria-prima, lavagem, fatiamento (± 2 cm), sanitização, enxágüe com inibidores e centrifugação. O produto foi armazenado em bandejas de poliestireno recobertas com filme de polivinilcloreto (PVC) e mantidas a 5 ± 1 °C por 12 dias. A cada três dias, avaliou-se o teor de sólidos solúveis totais, atividade de água, índice de escurecimento, luminosidade interna e externa e o teor de fenóis totais. Os tratamentos químicos utilizados e o tempo de armazenamento influenciaram todas os parâmetros avaliados, exceto a intensidade de escurecimento interna e o teor de fenóis totais. O tratamento com AC foi o menos efetivo no controle do escurecimento enzimático quando comparado com os demais tratamentos. O uso de EDTA e AA promoveram menores perdas de sólidos solúveis, atividade de água e luminosidade interna e externa do quiabo. Quiabo minimamente processado manteve-se com boa qualidade por até 12 dias quando utilizados os tratamentos com EDTA 0,5% ou por uma mistura de AC 1% + AA 1%, visto que estes foram eficientes em inibir o escurecimento da parte interna das amostras, e reduzir os teores de compostos fenólicos.

Palavras-Chave - *Abelmoschus esculentus* L. Inibidores de escurecimento. Processamento mínimo.

Abstract - The okra pertains to olericulture and it is very much appreciated due to its gummy texture and high nutritional value involving wide versatility in culinary practices. The objective of this work was to evaluate the effect of ascorbic acid (AA), citric acid (AC) and Ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA) for browning inhibition in minimally processed okra. Five treatments were employed: AA 1%, AC 1%, EDTA 0.5%, AA 1% + AC 1% and control which did not have any chemical addition. The minimum processing of okra involved the selection of the material, washing, cutting into pieces (± 2 cm), sanitization, addition of inhibitors and centrifugation. The products were arranged in polystyrene trays and wrapped using polyvinylchloride (PVC) film and stored at 5 ± 1 °C for a period of 12 days. The total soluble solids, water activity, browning index, internal and external luminosity and total phenols contents were analyzed at an interval of three days. The different chemical treatments and the storage time influenced all the variables, except that of the internal browning intensity and the total phenols content. The AC treatment was less effective in controlling the enzymatic browning when compared to other treatments employed in this work. The use of EDTA 1% and AA 1% resulted in minor losses in soluble solids content, reduction in water activity and in internal and external luminosity of okra. Minimally processed okra retained its fresh quality until 12 days of its storage. Treatments with either EDTA 0.5% or of the mixture of AA and AC both at 1% were efficient in inhibiting browning in the internal part of okra cut pieces, resulting also in the reduction of total phenols contents.

Key words - *Abelmoschus esculentus* L. Inhibitors browning. Minimally processed.

*Autor para correspondência

¹ Recebido para publicação em 11/09/2007; aprovado em 24/07/2008

² Estudante de engenharia de Alimentos, NEAL/UFS, SE

³ Biólogo, D. Sc., Prof. do Núcleo de Graduação em Engenharia de Alimentos, NEAL/UFS, Campus Universitário, CEP: 49 100-000, São Cristóvão-SE, carnelossi@ufs.br

⁴ Eng. Químico, Ph. D., Prof. do Núcleo de Graduação em Engenharia de Alimentos, NEAL/UFS, narendra@ufs.br

⁵ Química Industrial, D. Sc., Profa. do Núcleo de Graduação em Engenharia de Alimentos, NEAL/UFS; alessandra@ufs.br

Introdução

O quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.), pertencente à família botânica Malvaceae e seu fruto, é uma cápsula fibrosa cheia de sementes brancas redondas de cor verde intensa, firmes e sem manchas escuras (LANA et al., 2007). A comercialização do quiabo é feita geralmente na forma *in natura*. Por ser constituído por 89,9% de água do total do seu peso fresco, um dos problemas na conservação deste produto é que ele se comporta como uma hortícola perecível com período de conservação pós-colheita extremamente curto (MOTA et al., 2000). Desse modo, o processamento mínimo apresenta-se como uma melhor alternativa para a conservação do quiabo (CARNELOSSI et al., 2005).

Hortalças minimamente processadas constituem-se em produtos que estão se desenvolvendo de uma forma rápida e importante como resultado da diminuição do tempo necessário para o preparo das refeições e do aumento da preocupação dos consumidores na escolha por alimentos saudáveis. Este mercado vem crescendo no Brasil, sendo que a oferta de produtos minimamente processados cresceu mais de 200% entre 1996 e 1999 (DURIGAN; MATTIUZ, 2006).

Nos produtos minimamente processados várias reações oxidativas podem ocorrer causando problemas de escurecimento do tecido, descoloração de pigmentos endógenos, perda ou mudança do sabor ou do odor, mudanças na textura, acúmulo de compostos fenólicos solúveis e perda nutricional (CARVALHO; LIMA, 2002).

O escurecimento dos produtos pode ser controlado por métodos físicos e químicos isolados ou em associação, dependendo do produto. Dentre os métodos físicos se destacam a redução da temperatura, utilização de atmosfera modificada e recobrimento com películas protetoras (PINELLI et al., 2005). Moreira et al. (2007), por exemplo, estudando o uso de branqueamento em associação com antioxidantes verificaram que tratamentos sem branqueamento mantiveram a qualidade de quiabo minimamente processado.

O controle de escurecimento dos produtos minimamente processados por métodos químicos pode ser realizado pela utilização de antioxidantes, tais como o ácido ascórbico, ácido cítrico, cloreto de cálcio e ácido etileno diamino tetracético (FAGUNDES; AYUB, 2005). O ácido L-ascórbico e seus sais neutros, isoladamente ou em combinação com ácido cítrico, são conhecidos como antioxidantes para usos em frutas, vegetais e sucos, na prevenção de escurecimento e outras reações oxidativas. O ácido ascórbico atua na redução da o-benzoquinona a o-diidroxifenol ou pela inativação irreversível da polifenol oxidase (PPO). Adicionalmente, remove oxigênio do meio,

indo a ácido dehidroascórbico, promove a regeneração de antioxidantes, além de atuar sinergisticamente com agentes complexantes (PINELLI, 2004). González-Aguilar et al. (2005), por exemplo, verificaram que tratamentos com ácido isoascórbico e ácido ascórbico em fatias de abacaxi reduziram a degradação de açúcares, vitamina C e compostos fenólicos.

O ácido cítrico é o principal ácido orgânico naturalmente encontrado em vegetais, age como um quelante e atua sinergisticamente com ácidos ascórbico e eritórbito e seus sais neutros (PINELLI, 2004). Apresenta efeito inibitório duplo sobre as PPOs não somente pelo abaixamento do pH do meio, mas também complexando com o cobre do centro ativo da enzima.

Outro antioxidante utilizado é o EDTA que atua complexando cobre e íons ferro, por meio de um par não conjugado de elétrons em suas estruturas moleculares (PINELLI, 2004). Segundo Melo e Vilas Boas (2006), o tratamento contendo EDTA foi bastante efetivo na contenção do aumento das atividades da polifenoloxidase em banana maçã minimamente processada.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da utilização de ácido ascórbico, ácido cítrico e EDTA sobre o controle do escurecimento enzimático de quiabo minimamente processado.

Material e métodos

O quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.), no ponto de maturação comercial, foi obtido na ASPOAGRE – Associação dos Produtores Orgânicos do Agreste, no município de Itabaiana/SE e levados para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Sergipe, onde ficaram armazenados em câmara de refrigeração a 5 °C ± 1 °C por aproximadamente 8 h.

O processamento mínimo do quiabo foi realizado seguindo a metodologia apresentada por Carnelossi et al. (2005), na qual os quiabos foram selecionados e padronizados pelo tamanho, aparência visual e integridade e, em seguida, lavados com água corrente para retirada das sujidades. O corte foi realizado manualmente em rodela de aproximadamente 2±1 cm. Os quiabos cortados foram então imersos em água resfriada a 5±1 °C, contendo 150 mg L⁻¹ de cloro ativo, por 10 min. Os quiabos cortados foram então enxaguados por 10 min. em soluções contendo (3 mg L⁻¹) de cloro ativo, o qual foi utilizado como controle, e com soluções contendo antioxidantes. Experimentos preliminares indicaram bons resultados quando utilizadas concentrações de 0,5% de EDTA, 1% de ácido ascórbico (AA), 1% de ácido cítrico

(AC) e 1% de ácido ascórbico + 1% de ácido cítrico (AA+AC), assim, essas concentrações foram utilizadas no presente trabalho. Após o tratamento com antioxidantes, foi realizada a centrifugação por 10 min. a uma velocidade constante ($1290 \times g$), utilizando-se uma centrífuga industrial. As amostras de 100 g de quiabo foram então embaladas em bandejas de poliestireno revestidas com filme PVC e armazenadas em câmaras frias a 5 ± 1 °C por 12 dias. A cada 3 dias foram retiradas amostras para determinação dos teores de sólidos solúveis (°Brix), atividade de água, coloração (luminosidade e intensidade de escurecimento) e teores de fenóis totais.

Os teores de sólidos solúveis totais (SST) foram determinados a partir do extrato obtido após a trituração do quiabo cortado. Utilizou-se um refratômetro Abbé (tipo WYA 2WA-J, BIOBRIX) e os resultados foram expressos em °Brix. A atividade de água foi determinada em Aqualab (marca Decagon) à temperatura de 25 °C.

O índice de escurecimento do produto foi acompanhado utilizando-se um colorímetro (Minolta CR-10), calibrado com a cor branca. As leituras foram realizadas na parte interna e externa do produto. Os parâmetros obtidos, L, que indica luminosidade (claro/escuro); a, que indica a cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+); e b, que indica a cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+), foram utilizadas para calcular o índice de escurecimento (IE) de acordo com metodologia descrita por Palou, et al. (1999):

$$IE = [100 (x - 0,31)] / 0,172]$$

$$\text{Em que, } x = (a + 1,75L) / 5,645L + a - 3,012b$$

Os fenóis totais foram determinados de acordo com a metodologia de Kubota (1995), com adaptações. Amostras (5 g) do material vegetal foram maceradas e homogeneizadas com 30 mL de água destilada e, em seguida, filtradas em gaze em balão de 50 mL. Para determinação dos teores de fenóis foi construída uma curva padrão de D-catequina em concentração de 0; 25; 50; 75 e 100 µg. A curva foi preparada utilizando-se 1 mL de cada concentração em tubos de ensaio e adicionados 9 mL de água destilada. Foi adicionado em cada tubo 5 mL de solução diluída de Folin-Ciocalteu (1 mL de reagente de Folin (2 N) em 9 mL de água destilada) e misturado em um Vortex, após 30 seg. depois da adição do reativo de Folin-Ciocalteu, mas antes de 8 min. foram adicionados 4 mL de solução de carbonato de sódio (10%). Os tubos foram colocados por 1 h a 30 °C (banho de água) e logo após transferidos para 0 °C (banho de gelo) onde ficaram mantidos por aproximadamente 1 h com a finalidade de paralisar a reação de oxidação. A determinação de fenóis foi realizada pipetando-se 0,5 mL do extrato preparado em tubo de ensaio teste e adicionados 4,5 mL de água destilada. Posteriormente foram adicionados 5 mL de

reagente de Folin diluído e misturou-se no Vortex. Em seguida, foram utilizados os procedimentos para o preparo da curva padrão como descrito acima. A concentração foi calculada diretamente utilizando a curva padrão.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×5 (cinco tipos de tratamentos e cinco intervalos de tempo de atuação 0; 3; 6; 9 e 12 dias), com quatro repetições para cada tratamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e à comparação de médias pelo teste Tukey ($p < 0,05\%$), com auxílio do software ASSISTAT (Assistência Estatística), versão 7.4 beta.

Resultados e discussão

O teor de sólidos solúveis totais (SST) para o quiabo foi afetado significativamente ($P < 0,05\%$) tanto pelo tempo quanto pelos tratamentos. Foram observadas variações dos teores, com picos no terceiro e nono dia nos tratamentos com AA, AC e AA+AC, exceto para o tratamento controle, que manteve os teores de SST praticamente constantes ao longo dos 12 dias (Figura 1). Os pedaços tratados com EDTA apresentaram teores significativamente maiores de SST até o nono dia de armazenamento. Esses resultados podem ser devido à diminuição do metabolismo do quiabo e, conseqüentemente, do consumo de sólidos solúveis, principais substratos da respiração, pois as ações físicas do processamento mínimo induzem a uma elevação na respiração, a qual utilizará rapidamente os substratos de reserva (CARVALHO; LIMA, 2002). Resultados

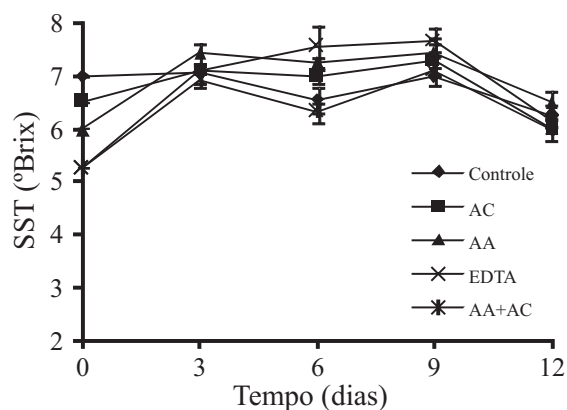


Figura 1 - Teores de Sólidos Solúveis Totais (SST, °Brix) de quiabo minimamente processado submetido a diferentes tratamentos controle e com antioxidantes (0,5% de EDTA, 1% de ácido ascórbico (AA), 1% de ácido cítrico (AC) e 1% de ácido ascórbico + 1% de ácido cítrico (AA+AC)) e embalados em bandejas com PVC, armazenados a 5 ± 1 °C por 12 dias. As barras representam o erro padrão da média

semelhantes foram obtidos por Moreira et al. (2007) em quiabos minimamente processados tratados com ácido ascórbico (2%) e ácido cítrico (2%) e por Arruda et al. (2003) em melões fatiados.

Lima et al. (2000) verificaram que em uvas maduras ocorreu um aumento em SST, que geralmente está relacionado à perda de água, no entanto os autores não verificaram mudanças nos pesos dos solutos por baga. O decréscimo de SST pode ser explicado pelo aumento em água por baga, embora também possa estar associado a uma perda de solutos decorrente da atividade respiratória, do transporte de solutos, da transpiração ou do transporte de água para outras partes da planta.

Para a atividade de água também foi observada diferença significativa entre os tratamentos e em relação ao tempo ($p < 0,05$) (Figura 2). Todas as amostras apresentaram comportamento semelhante em relação à atividade de água, com diminuição ao final do período de armazenamento, exceto aquelas usadas como controle, em que se verificou uma diminuição mais acentuada (Figura 2). O maior teor relativo de água encontrado nos cortes de quiabo embalados com PVC em relação aos embalados sem PVC pode ser atribuído à permeabilidade da embalagem de PVC, proporcionando um menor gradiente de pressão de vapor entre a atmosfera interna e a superfície do fruto (MOTA et al., 2006). Além disso, as condições de atmosfera modificada reduziram a concentração de oxigênio em relação à atmosfera normal, conseqüentemente diminuindo a respiração e aumentando a conservação pós-colheita. Segundo Del Aguila et al. (2006), caracteriza-se a maior vantagem do uso de filmes plásticos e embalagens na comercialização de frutos e

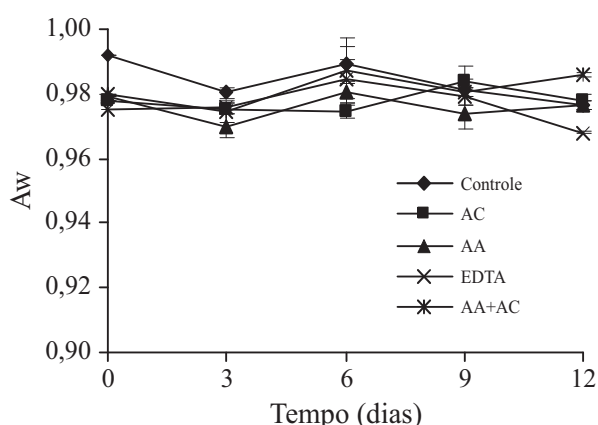


Figura 2 - Atividade de água de quiabo minimamente processado submetido a diferentes tratamentos controle e com antioxidantes (0,5% de EDTA, 1% de ácido ascórbico (AA), 1% de ácido cítrico (AC) e 1% de ácido ascórbico + 1% de ácido cítrico (AA+AC)) e embalados em bandejas com PVC, armazenados a $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 12 dias. As barras representam o erro padrão da média

hortaliças minimamente processados a capacidade da embalagem em manter a qualidade dos produtos pela redução da perda de água. Esses autores observaram que a embalagem do vegetal minimamente processado auxilia na redução do processo físico da transpiração (DEL AGUILA et al., 2006). Este equilíbrio com o sistema de armazenamento também foi verificado a partir do 10º dia nas amostras de goiaba, porém acondicionadas em embalagens PET (PEREIRA et al., 2003).

Os valores de L da parte externa e interna do quiabo, estão mostrados na Figura 3 A e B, respectivamente. O valor de L da parte externa (Figura 3 A) sofreu influência significativa ($p < 0,05$) da interação entre os tratamentos químicos e tempo de armazenamento, enquanto o valor de L da parte interna (Figura 3 B) foi afetado por cada fator de tratamento. Segundo Mota et al., (2000), a cor dos frutos é uma característica de grande importância comercial, principalmente ao considerar que o consumidor tem preferência por determinada cor externa da hortaliça, que varia do verde ao vermelho púrpura.

Os valores de luminosidade apresentaram decréscimo logo ao terceiro dia de armazenamento e esta redução significou que houve escurecimento enzimático do produto. Sabe-se que o corte das hortaliças durante o processamento mínimo gera descompartimentalização celular, sendo que enzimas e substratos sofrem maior contato entre si gerando uma série de reações que podem se tornar indesejáveis (DEL AGUILA et al., 2006), o que pode também ter ocorrido com o quiabo no presente trabalho.

Embora todos os tratamentos utilizados tenham ocasionado uma redução dos valores de L quando comparadas às amostras controle, para a parte externa do quiabo, o tratamento com AA foi mais eficiente (Figura 3 A), enquanto que para a parte interna o tratamento com EDTA foi o que apresentou os melhores resultados (Figura 3 B). Melo e Vilas Boas (2006) também encontraram nas rodela de bananas tratadas com EDTA valores de L significativamente inferiores aos observados naquelas tratadas com AA+CC+Cisteína do primeiro ao quinto dia de armazenamento.

Conforme observa-se nas Figuras 4 (A e B), todos os frutos apresentaram sintomas de escurecimento externo e interno, porém com menor intensidade que nos frutos sem tratamento com antioxidante, devido a permeabilidade da embalagem de PVC ao oxigênio, o qual pode ter provocado o escurecimento já que o mesmo é utilizado pela enzima polifenoloxidase (PPO) para a oxidação de compostos fenólicos (WHITAKER; LEE, 1995). Dos tratamentos químicos utilizados, o AA e o AA+AC foram significativamente mais eficientes em retardar o escurecimento na parte externa das amostras

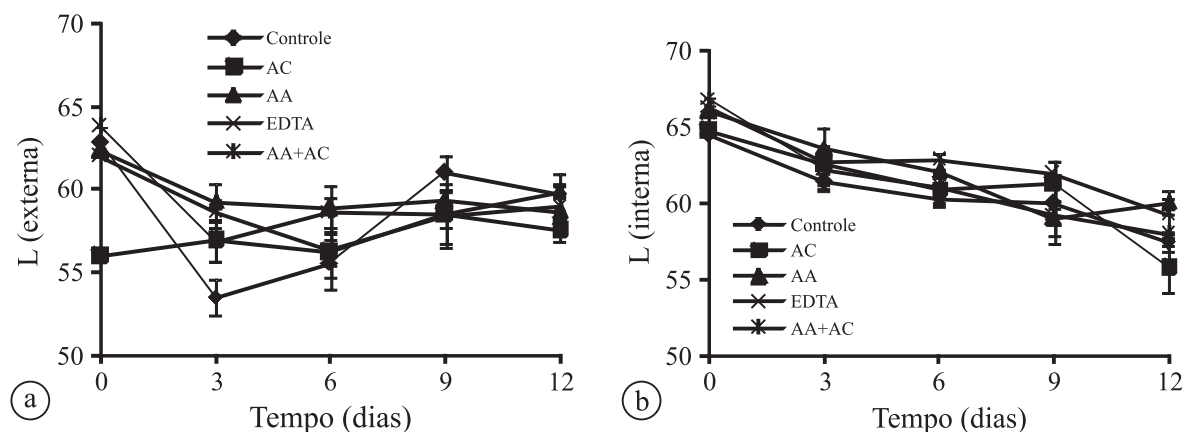


Figura 3 - Luminosidade (L) da parte externa (A) e interna (B) de quiabo minimamente processado submetido a diferentes tratamentos controle e com antioxidantes (0,5% de EDTA, 1% de ácido ascórbico (AA), 1% de ácido cítrico (AC) e 1% de ácido ascórbico + 1% de ácido cítrico (AA+AC)) e embalados em bandejas com PVC, armazenados a 5 ± 1 °C por 12 dias. As barras representam o erro padrão da média

desde o início do processamento, uma vez que o AA é preferencialmente oxidado em relação a outros substratos enquanto que o AC foi o menos efetivo significativamente em relação aos outros inibidores. Para a parte interna a mistura AA+AC mostrou-se significativamente eficaz na prevenção no primeiro dia e, a partir do terceiro dia, o EDTA apresentou-se significativamente mais eficiente em relação aos demais.

Estudos realizados por Melo e Vilas Boas (2006) também comprovaram a eficiência do tratamento químico com EDTA na prevenção do escurecimento enzimático, ao observar redução na atividade da PPO nas rodela de bananas tratadas com EDTA e aumento naquelas tratadas com AA+CC+Cisteína, o que é explicado pela ligação do EDTA ao cobre, fundamental para a ativação

da polifenoloxidase. Sabe-se que o escurecimento dos tecidos vegetais deve-se ao rompimento da membrana celular, liberando as enzimas que entram em contato com os substratos (fenólicos), havendo, assim, uma oxidação descontrolada dos mesmos com utilização do oxigênio molecular. Para Goupy et al. (1995), o Índice de Escurecimento enzimático depende de vários fatores, principalmente do conteúdo de compostos fenólicos e do tipo de PPO presente na célula, ou ambos.

Estudos feitos por Della-Justina (1998) mostraram que quiabo inteiros embalados em PVC manifestaram-se perfeitos até o segundo dia, enquanto nos armazenados sem PVC houve escurecimento logo no segundo dia após a colheita, intensificando-se ao longo do período de armazenamento. Fagundes e Ayub (2005) verificaram

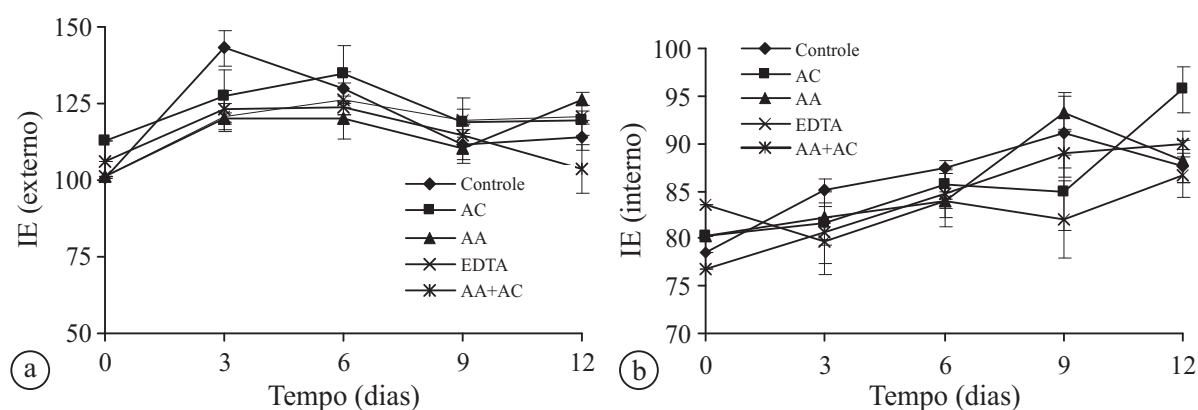


Figura 4 - Intensidade de escurecimento (IE) da parte externa (A) e interna (B) de quiabo minimamente processado submetido a diferentes tratamentos controle e com antioxidantes (0,5% de EDTA, 1% de ácido ascórbico (AA), 1% de ácido cítrico (AC) e 1% de ácido ascórbico + 1% de ácido cítrico (AA+AC)) e embalados em bandejas com PVC, armazenados a 5 ± 1 °C por 12 dias. As barras representam o erro padrão da média

que caquis tratados com ácido ascórbico e ácido cítrico apresentavam menor índice de escurecimento da epiderme até 32 dias de armazenamento. Portanto, os danos mecânicos (corte) causados durante o processamento das amostras aqui tratadas podem ter aumentado a concentração de dióxido de carbono e etileno, de água livre, sabor e aroma, além da atividade das enzimas relacionadas ao escurecimento enzimático, como a fenilalanina amônia liase e a PPO (MORETTI et al., 2002).

Comparando-se os teores de compostos fenólicos (Figura 5) e a intensidade de escurecimento interno do quiabo (Figuras 4), observou-se que os tratamentos com EDTA e AA+AC foram os que mais influenciaram significativamente os níveis destes compostos. Os dados apresentados corroboram com aqueles verificados por Eskin et al. (1971), segundo os quais a suscetibilidade ao escurecimento ou a tendência ao escurecimento enzimático em frutas e hortaliças têm sido relacionada diretamente a maior atividade da polifenoloxidase, maior concentração de compostos fenólicos endógenos no tecido ou uma combinação destes fatores. Os tratamentos com AA e AC apresentaram altos teores de fenóis pois estes inibem a ativação da PPO ou reduzem o-benzoquinona de volta para a forma de o-diidroxifenol, sendo portanto consumidos no processo, levando ao posterior escurecimento.

Hanotel et al. (1995) verificaram que, em chicória minimamente processada tratada com irradiação gama, os teores de fenóis aumentaram imediatamente após o estresse causado pelo corte, levando ao escurecimento devido a promoção do contato enzima-substrato. Entretanto, Carneiro et al. (2003) verificaram que os tratamentos com ácido cítrico em hastes de guariroba não influenciaram significativamente nos teores destes compostos.

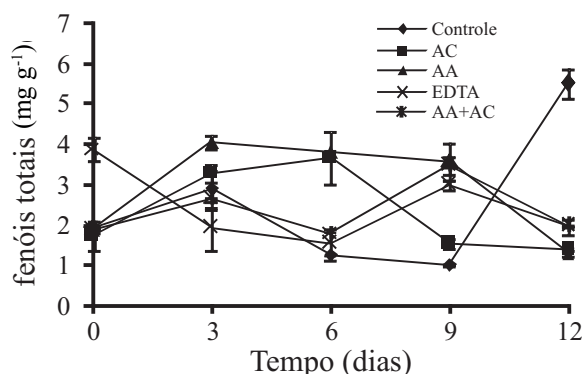


Figura 5 - Teores de fenóis totais ($\mu\text{g g}^{-1}$ de matéria fresca) de quiabo minimamente processado submetido a diferentes tratamentos controle e com antioxidantes (0,5% de EDTA, 1% de ácido ascórbico (AA), 1% de ácido cítrico (AC) e 1% de ácido ascórbico + 1% de ácido cítrico (AA+AC)) e embalados em bandejas com PVC, armazenados a 5 ± 1 °C por 12 dias. As barras representam o erro padrão da média

Conclusões

O tratamento com ácido cítrico a nível de 1% foi o menos efetivo em controlar o escurecimento enzimático do quiabo minimamente processado em relação aos outros tratamentos, envolvendo o uso de ácido ascórbico e EDTA.

Nos tratamentos com EDTA a nível de 1% e ácido ascórbico a 1% houve menores perdas de sólidos solúveis, atividade de água e luminosidade interna e externa do quiabo minimamente processado quando comparados com os demais tratamentos.

Quiabo minimamente processado manteve-se com boa qualidade por até 12 dias quando utilizados os tratamentos químicos com EDTA a nível de 0,5% ou a um tratamento de mistura de ácido cítrico a 1% e ácido ascórbico a 1% no enxágüe, visto que estes foram os mais eficientes em inibir o escurecimento da parte interna das amostras, através da redução dos teores de compostos fenólicos.

Referências

- ARRUDA, M. C. et al. Temperatura de armazenamento e tipo de corte para melão minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 01, p. 74-76, 2003.
- CARNEIRO, C. E. A.; ROLIM, H. M. V.; FERNANDES, K. F. Estudo das atividades de peroxidases e polifenoloxidase de guariroba (*Syagrus oleracea* Becc) sob a ação de diferentes inibidores. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v. 25, n. 01, p. 189-193, 2003.
- CARNELOSSI, M. A. G. et al. Determinação das etapas do processamento mínimo de quiabo. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 04, p. 970-975, 2005.
- CARVALHO, A. V.; LIMA, L. C. O. Qualidade de kiwis minimamente processados e submetidos a tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 05, p. 679-685, 2002.
- DEL AGUILA, J. S. et al. Qualidade de rabanete minimamente processado e armazenado em embalagens com atmosfera modificada passiva e refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 09, n. 01, p. 19-24, 2006.
- DELLA-JUSTINA, M. E. **Conservação pós-colheita do quiabo, influenciado por idade, dano mecânico, filme de PVC e temperatura**. 1998. 67 f Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 1998.
- DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B-H. Processamento mínimo de frutas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4, e SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS, 1, 2006, São Pedro. **Palestras...** São Pedro: USP, 2006. p. 246-247.

- ESKIN, N. A. M.; HENDERSON, H. M.; TOWNSEND, R. J. Browning reactions in foods. In: ESKIN, NAM; HENDERSON, HM; TOWNSEND, RJ **Biochemistry of Foods**. New York: Academic Press, p. 97-144, 1971.
- FAGUNDES, A. F.; AYUB, R. A. Caracterização físico-química de caquis cv. Fuyu submetidos à aplicação de agentes inibidores de escurecimento e armazenados a 0 °C. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 03, p. 403-408, 2005.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. et al. Biochemical changes of fresh-cut pineapple slices treated with antibrowning agents. **Journal of Food Science and Technology**, v. 40, p. 377-383, 2005.
- GOUPY, P. et al. Enzymatic browning of model solutions and apple phenolic extracts by apple polyphenoloxidase. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 03, p. 497-501, 1995.
- HANOTEL, L.; FLEURIET, A.; BOISSEAU, P. Biochemical changes involved in browning of gamma-irradiated cut witloof chicory. **Postharvest Biology and Technology**, v. 05, p. 199-210, 1995.
- KUBOTA, N. Phenolic content and L-phenylalanine ammonia-lyase activity in peach fruit. In: LINSKENS H. F; JACKSON J. F (eds.) **Modern methods of plant analysis – fruits analysis**. New York: Spriger-Verlag, 1995. p. 81-94
- LANA, M. M. et al. Correio Brasiliense. **Hortaliças: quiabo**. Disponível em: <<http://www2.correioweb.com.br/hotsites/alimentos/quiabo/alimentos.htm>>. Consultado em: 15 jun. 2007.
- LIMA, M. A. C. et al. Qualidade de fenóis e enzimas oxidativas de uva 'Ítália' sob influência do cálcio, durante a maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2493-2499, 2000.
- MELO, A. A. M.; VILAS BOAS, E. V. B. Inibição do escurecimento enzimático de banana maçã minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 01, p. 110-115, 2006.
- MOREIRA, G. C. et al. Qualidade tecnológica de quiabo minimamente processado e armazenado sob refrigeração. In: II Simpósio Brasileiro de pós-colheita, 04., 2007, Viçosa. UFV. **Palestras e Resumos...** Viçosa: UFV, 2007. p. 361.
- MORETTI, C. L. et al. Respiratory activity and browning of minimally processed sweet potatoes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 03, p. 497-500, 2002.
- MOTA W. F; FINGER F. L.; CASALI V. W. D. **Olericultura: Melhoramento Genético do Quiabeiro**. Viçosa: UFV, 2000. 144 p.
- MOTA W. F. et al. Armazenamento de frutos de quiabo embalados com filme de PVC em condições ambientes. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 02, p. 255-258, 2006.
- PALOU, E. et al. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal Food Science**. v. 64, n. 01, p. 42-45, 1999.
- PEREIRA, L. M. et al. Vida-de-prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 03, p. 427-433, 2003.
- PINELI, L. L. O. Processamento mínimo de batata. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3, 2004, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: UFV, 2004. p. 71-81.
- PINELI, L. L. O. et al. Associação de atmosfera modificada e antioxidantes reduz o escurecimento de batatas 'Ágata' minimamente processadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 04, p. 993-999, 2005.
- WHITAKER, J. R., LEE, C. Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning: an overview. In: LEE, C. Y.; WHITAKER, J. R. (Eds.). **Enzymatic browning and its prevention**. Washington, D. C., ACS, 1995. p. 2-7.